

## روش های انگیزشی چاه های گازی و بررسی نمونه ای آسیب سازندی در یکی از چاه های گازی میادین جنوب غربی ایران بوسیله ی نرم افزار STIMCAD

شهِتا شهیدی<sup>۱</sup>، احسان رحیمی لرکی<sup>۲</sup>، محمدحسین حیدری جولای<sup>۳</sup>، مصطفی شجری<sup>۴</sup>  
1- کارشناسی ارشد مهندسی نفت

### چکیده

در سال های اخیر با توجه به گسترش بهره برداری از مخازن گازی عمیق، نیاز به انگیزش اینگونه چاه ها پس از اتمام حفاری یا در حین بهره برداری از آنها الزامی بوده و در نتیجه آسیب هایی به چاه های تکمیل شده در این مخازن کم تراوا و در حین عملیات های حفاری، تعمیر، تکمیل و انگیزش چاه وارد می شود و نیز به منظور آشنایی دست اندرکاران صنعت نفت با آسیب های سازندی چنین چاه هایی و نحوه ی تقابل با مشکلات عمده ی چاه های گازی کم تراوا تحقیقاتی صورت پذیرفته، که یکی از آنها بررسی انجام شده بر روی نحوه ی کاهش افت فشار تحتانی یکی از چاه های گازی کم تراوا در جنوب غرب کشور می باشد، بنابراین روش های پیشنهادی بهینه ای جهت تولید از چاه با توجه به تجربه ی اسیدکاری های موفق اینگونه چاه ها پیشنهاد گردیده است.

### واژه های کلیدی

انگیزش مخازن گازی- بلوک آب- حلال دوگانه- اسید الکل- آسیب سازندی

### 1- مقدمه

با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی جدید و متعاقب آن، حفاری چاه های عمیق گازی لازم است که مطالعات و بررسی های کاملی بر روی روش های انگیزشی اینگونه چاه ها که دارای دما، فشار بالا و تراوایی کم هستند صورت گیرد.

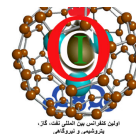
در این مقاله سعی می شود تا حدودی به مشکلات عمده ی مخازن گازی کم تراوا پرداخته شود. با توجه به اینکه روش های مختلفی جهت اسیدکاری چاه های گازی در مخازن کم تراوا وجود دارد لازم است قبل از هر عملیات انگیزشی بررسی های ویژه ای در زمینه های مختلف از جمله اطلاعات زمین شناسی، تاریخچه ی حفاری، ارزیابی های پتروفیزیکی و مخزنی بعمل آید تا

1- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، [Shahidi.s@nisoc.ir](mailto:Shahidi.s@nisoc.ir)

2- گروه مهندسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه، امیدیه، ایران، [E.Rahimilarki@gmail.com](mailto:E.Rahimilarki@gmail.com)

3- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، [Heidarijola.m@nisoc.ir](mailto:Heidarijola.m@nisoc.ir)

4- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، [Shajari.m@nisoc.ir](mailto:Shajari.m@nisoc.ir)



به هدف موردنظر که تغییر ضریب پوسته ناشی از آسیب‌های مکانیکی و شیمیایی سازندی به سمت مقادیر صفر یا منفی است دست یافته و بدین ترتیب قادر به تشخیص درصد موفقیت عملیات انگیزشی باشیم.

### 1-1- انگیزش چاه‌های گازی کم‌تراوا

انگیزش چاه‌های گازی کم‌تراوا همواره مشکلات و نحوه‌ی طراحی خاص خود را داشته و لازمه‌ی آن دستیابی به نتیجه‌ی مطلوب از انگیزش، تشخیص آسیب‌های سازندی و آشنایی کامل با روش‌های رفع آن‌ها می‌باشد. در غیر این صورت روش انتخاب شده ممکن است موفقیت‌آمیز نبوده و باعث صرف‌هزینه و آسیب‌های بیشتری گردد.

اغلب به دلیل اینکه پس از انجام عملیات انگیزش چاه‌های گازی، تمیزسازی کامل سنگ مخزن و ستون چاه میسر نمی‌شود، عملیات ناموفق به نظر می‌رسد و این عدم موفقیت بیشتر بدلیل ایجاد بلوک‌های آب در ماتریس اطراف چاه بویژه در چاه‌هایی که ماتریس آن‌ها تراوایی کمی دارند اتفاق می‌افتد. تشکیل بلوک‌های آب در محیط متخلخل بدلیل وجود نیروی موئینگی در آن محیط و نسبت تحرک‌پذیری زیاد گاز نسبت به آب می‌باشد.

پس از تعمیر، تکمیل یا انگیزش، آب؛ اطراف حفره‌ی چاه را محاصره کرده و در صورت تخلیه‌ی نادرست این آب باعث کاهش شدید تراوایی مؤثر در سنگ خواهد شد. با تخلیه‌ی تدریجی اسید مصرف شده و آب اطراف حفره‌ی چاه، میزان تولید گاز نیز افزایش خواهد یافت اما این مورد نیازمند به زمان است تا به میزان تولید بهینه دست یابیم. [1]

با کاهش تراوایی و کاهش فشار مخزن امکان تشکیل بلوک‌های آب در عملیات انگیزش بیشتر خواهد شد، زیرا فشار گاز بر فشار موئینگی نمی‌تواند غلبه نماید. همچنین در مخازنی که تراوایی حالت یکنواختی ندارد بدلیل اینکه قسمت کم‌تراوا ممکن است با قسمت‌های تراوا بصورت سری قرار گیرد احتمال تشکیل بلوک‌های آبی در قسمت کم‌تراوا وجود دارد.

### 1-1-1- مشکلات چاه‌های گازی کم‌تراوا عمدتاً به ۶ دسته تقسیم می‌شوند، که عبارتند از:

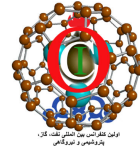
- ضعیف بودن خاصیت مخزنی
  - بالا بودن اشباع مایعات هیدروکربنی یا غیر هیدروکربنی
  - وارد شدن آسیب سازندی در حین حفاری
  - بدلیل عدم انتخاب صحیح سیال لایه شکافی، آسیب سازندی به مخزن وارد شده است
  - وارد شدن آسیب سازندی به مخزن در حین کشتن چاه
  - ایجاد شدن آسیب‌های سازندی در حین تولید [2]
- با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده بر روی نتایج اخذ شده از آزمایش چاه‌ها، بررسی نمونه‌های درون چاهی، مغزه‌های چاه و تصویر برداری‌های درون چاهی مکانیسم‌های عمده‌ی آسیب سازندی در مخازن گازی موارد زیر می‌باشند.

### 1-1-2- مکانیسم‌های عمده‌ی آسیب سازندی در مخازن گازی عبارتند از:

- باکتری‌ها
- رسوبات غیر آلی مانند نمک، کربنات‌ها، سولفیدها و غیره



# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



1-1-3-2-2-الکله

رایج ترین الکلهای مورد استفاده در اسیدکاری، ایزوپروپانول الکله و متانول می باشند. ایزوپروپانول بطور متعارف تا غلظت 20٪ و متانول با غلظت های کمتر از 50٪ حجمی، مورد استفاده قرار می گیرند و متعارف ترین درصد آن 30٪ حجمی می باشد.

دلایل استفاده از الکله در سیال اسیدکاری عبارتند از:

- بلوک های آب تشکیل شده در ماتریس را برطرف می کند.
- اسید مصرف شده سریع تر از محیط متخلخل سنگ خارج می شود.
- واکنش اسید را کند می کند.
- در صورت رقیق کردن اسید با الکله، میزان آب درون اسید کاهش می یابد.

1-1-3-2-3-دی اکسید کربن

از دی اکسید کربن مایع برای فازهای آبی استفاده می شود تا با کاهش کشش سطحی این فاز به خارج شدن آن کمک کند. [3]

1-1-3-2-تغییرات هندسی محیط متخلخل

با اسید می توان شرایط هندسی محیط متخلخل را تغییر داد در صورتی که با فرستادن اسید مصرف شده به درون سازند، بلوک های آب بیشتری تشکیل می شود بنابراین بدلیل مصرف کمتر سیال پایه آبی، استفاده از فوم اسید یا نیتروفايد اسید نتیجه بهتری در پی خواهد داشت.

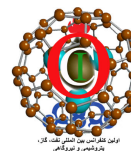
1-1-3-3-برطرف کردن مستقیم مایع به تله افتاده در محیط متخلخل

- تزریق گاز خشک (جهت ایجاد ارتباط با مخزن)
- گرم کردن سازند اطراف چاه
- زمان دادن به چاه ( جهت توزیع آب در مخزن و پایین آمدن درصد اشباع آن) [2]

## 2- مطالعهی موردی عملیات انگیزشی در چاه گازی کم تراوای A4 در مخزن خامی یکی از میادین جنوب غربی ایران

تعداد پنج حلقه چاه در مخزن مذکور حفاری شده است و دمای مخزن در عمق مبنا 240 درجهی فارنهایت می باشد.

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی  
مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



جدول 1- خواص پتروفیزیکی و میانگین ضخامت سازند تولیدی در چاه های مخزن مورد مطالعه [5]

شماره ی چاه	ضخامت مفید (متر)	ضخامت ناخالص (متر)	ضخامت مفید به کل (کسر)	تخلخل (%)	اشباع آب (%)	ستون مفید هیدروکربور (متر)
A1	13/7	427/6	0/032	5/5	36	0/5
A2	7/2	133/8	0/054	6/2	34	0/295
A3	3/4	338	0/01	5/3	14/8	0/2
A4	10/2	396/4	0/026	6/4	34	0/4
A5	19/2	416	0/046	7/5	35/3	0/9
میانگین	14/36	427/18	0/034	6/4	33/8	0/459

1-2- اطلاعات مخزن مورد مطالعه

1-1-2- فشار شبنم سیال مخزن مورد نظر

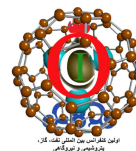
در چاه A1، فشار شبنم در دمای مخزن 240 درجه فارنهایت و با GOR برابر 8871 SCF/bbl نزدیک به فشار مخزن (6864 Psig) می باشد و بر اساس سیالات بدست آمده از تفکیک گر و ترکیب مجدد، مقدار فشار شبنم برابر 6830Psig بدست آمده است. [5]

در چاه A2، فشار شبنم در دمای 243 درجه فارنهایت با نسبت گاز به مایع 18976 SCF/STB برابر 5560 Psig بدست آمده است. [5]

2-1-2- لایه آزمایی انجام شده در چاه A4

انجام عملیات لایه آزمایی در عمق 4048 تا 4135 متر حفار حاکی از وجود آب ضربه گیر و گل حفاری آلوده به آب (عدم وجود سیال هیدرو کربنی) می باشد. [5]

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی  
مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



جدول 2- آزمایشات انجام شده جهت تعیین فشار و سطح تماس اولیه

تاریخ	فشار (psi)	عمق متوسط (mss)	محدوده‌ی انجام آزمایش (mdd)	نوع سیال	شماره‌ی چاه	آزمایش چاه
1351/10/21	6879/7	3871/89	4373/9 - 4290/1	گاز و آب	A1	DST
1352/11/30	6220/8	4142/3	4584/2 - 4562/9 4648/2 - 4608/6	گاز و آب	A1	DST
1352/11/10	6920	3955	4374 - 4243	گاز و آب	A2	آزمایش بهره‌برداری
1381/9	6458	3885	4176 - 4167 4355 - 4250	گاز و آب	A2	آزمایش جریان‌ی
1384/11	6379	3899	4176 - 4167 4355 - 4250	گاز و آب	A2	آزمایش جریان‌ی
1381/6	6444/7	3733/78	4135 - 4048	آب	A4	DST

## 2-2- اطلاعات زمین‌شناسی چاه A4

### • زون 5

از نظر زمین‌شناسی این زون عمدتاً شامل آهک تمیز بوده و از نظر پتروفیزیکی در چاه A3 بدلیل عدم وجود ضخامت مفید، فاقد کیفیت مخزنی و در چاه A4 فاقد ستون هیدروکربور ارزیابی شده است.

### • زون 6

این زون با تشعشعات رادیواکتیو و تخلخل بالاتر نسبت به زون 5 مشخص می‌شود و عمدتاً شامل آهک با میان‌لایه‌هایی از آهک رُسی می‌باشد. این زون نیز در چاه A3 فاقد کیفیت مخزنی ارزیابی شده است و در چاه شماره‌ی A4 دارای ستون هیدروکربور بسیار کوچکی است.

### • زون 7

این زون تقریباً قسمت میانی سازند موردنظر را شامل می‌شود و با تخلخل کمتر نسبت به زون 6 مشخص می‌شود و از نظر سنگ‌شناسی این زون دارای سنگ آهکی تمیزتر نسبت به زون 6 می‌باشد. این زون در چاه A3 خشک ارزیابی شده و در چاه A4 دارای هیدروکربور می‌باشد. ضخامت متوسط این زون 113 متر می‌باشد.

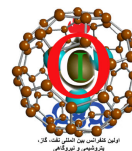
### • زون 8

در این زون کیفیت مخزنی ضعیف می‌باشد.

### • زون 9 و 10

زون‌های موردنظر فاقد کیفیت مخزنی می‌باشند. [4]

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی  
مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



جدول 3- خلاصه وضعیت زونهای 6 و 7 در چاه های A3 و A4

زون 7		زون 6		
A4	A3	A4	A3	شماره چاه
2/3	0/6	2/1	0	ضخامت مفید
4/7	2/8	8/2	0	درصد متوسط تخلخل مفید
40	37/8	28/8	0	درصد اشباع آب
0/1	0	0/1	0	ستون هیدروکربن

3-2- تاریخچهی چاه A4

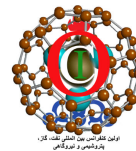
شرح	تاریخ
سازند موردنظر با گل 77 pcf حفاری شده	81/6/25
تشخیص وجود مانع در عمق 4095 متر	87/3/6
اسیدکاری با 8000 گالن اسید کلریدریک 28٪ همراه با 900 بشکه آب	87/3/13
آزمایش استاتیک افت فشار تحتانی 3713 پام	87/3/17
گرفتن نمونه سیال تفکیک گر سرچاهی	87/3/18
نمونه گیری از مانع در عمق 4203 (نمونه ی سازندی)	87/3/20
تشخیص مانع در عمق 4257	87/6/21
تمیز سازی تا عمق 4440	87/6/21
اسیدکاری با 4000 گالن اسید کلریدریک 15٪ همراه با 700 بشکه آب	87/6/21
تزریق پذیری با 4000 گالن اسید کلریدریک 28٪ همراه با 950 بشکه آب	87/6/24
جریان چاه به گودال سوخت با فشار 480 پام	87/6/27
بسته شدن چاه بدلیل صفر شدن فشار جریان	87/6/27
اسیدکاری گسترده با 12000 گالن اسید 5٪، 24000 گالن اسید 28٪، 24000 گالن اسید 15٪ و 600 بشکه آب	87/7/8
جریان دادن چاه پس از تخلیه مقدار زیادی آب و تثبیت در فشار جریان 200 پام	87/7/9
تزریق نیترژن در عمق 3500 متر حفار و عدم موفقیت در سبک سازی ستون	87/7/11
راندن حلقه ی مقیاس و تشخیص مانع در عمق 4117/5 متری	87/7/17

3- نتیجه گیری

آسیب های سازندی بوجود آمده در سنگ مخزن چاه A4 با در نظر گرفتن فشار نقطه ی شبنم سیال، لیتولوژی، درصد اشباع آب، تزریق پذیری و اسیدکاری های انجام شده به کمک نرم افزار STIMCAD بررسی گردیده و به شرح زیر می باشد:

- در اثر افت فشار تحتانی، بلوک های مایع هیدروکربنی و مواد آلی ایجاد شده است

# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



- بدلیل درصد اشباع آب (میانگین 38٪) و سیالات وارد شده به مخزن، بلوک های آب در محیط متخلخل تشکیل شده است.

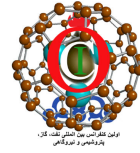
## 4- پیشنهادات

- پیشنهاد می گردد با توجه به درصد اشباع آب بالا در سازند مورد بررسی، آزمایش فشار ساکن جهت تشخیص سطوح سیالات موجود در ستون چاه انجام گردد.
- از سیالات هیدروکربنی جهت عملیات انگیزش چاه های گازی به هیچ وجه استفاده نگردد.
- به منظور تخلیه ی تجمع مایعات ایجاد شده در محیط متخلخل بایستی طی مراحل متوالی از اسید کلریدریک با غلظت 5٪ تا 10٪ و از متانول و گاز نیتروژن با 30 تا 40 درصد حجمی جهت انگیزش چاه استفاده شود تا با کاهش کشش سطحی و ایجاد تغییر شکل هندسی در محیط متخلخل، مایعات موجود تخلیه شده و افت فشار تحتانی مربوطه نیز برطرف شود.
- از پیش تزریق و پس تزریق مناسب در عملیات انگیزش به همراه 5٪ تا 10٪ حلال دوگانه جهت آماده سازی سطح سنگ و جلوگیری از ایجاد امولسیون استفاده گردد.
- با رعایت موارد فوق و با توجه به لزوم استفاده از حداقل مایعات ممکن در حین عملیات انگیزشی در صورتی که میزان افت فشار تحتانی بدلیل تجمع مایعات کاهش نیابد از روش های دیگر انگیزشی مانند انگیزش به کمک احتراق جهت تبخیر مایعات هیدروکربنی ایجاد شده در محیط متخلخل اطراف دهانه ی چاه می توان استفاده کرد.

## مراجع

- [1] B.D. Baker, J.C. Wilson, (1994), "Stimulation Practices Using Alcoholic Acidizing And Fracturing Fluids For Gas Reservoirs", SPE 4836, Presented in SPE European meeting.
- [2] D.B. Bennion, F.B. Thomas, R.F. Bietz; (28 April-1 May 2002), "Low Permeability Gas Reservoirs", SPE 35577, Presented in Gas Technology Conference.
- [3] V.J. Yeager, C.E. Shuchart; (October 2004), "Acidizing Gas Storage Wells", SPE 39225, Presented in SPE Regional meeting.
- [4] کیانی گلشوئی، داریوش؛ (دی ماه 1383)، "ارزیابی پتروفیزیکی چاه A4"، پ-5548، اداره ی ارزیابی مخازن زیر زمینی نفت و گاز مناطق نفت خیز جنوب.
- [5] پیرامون، ابراهیم؛ کاظمی، نسیم؛ (دی ماه 1386)، "مطالعه ی مهندسی مخزن پازنان"، پ-6088، اداره ی ارزیابی مخازن زیر زمینی نفت و گاز مناطق نفت خیز جنوب.





# Gas Wells Stimulation Methods and Diagnosis of a Gas Well Case Study in One of South-West Iranian Oil Fields by STIMCAD Software

Shahta.Shahidi, Ehsan.Rahimi Larki, M.H.Heidarijola, Mostafa.Shajari

1- National Iranian South Oil Company, *Shahidi.s@nisoc.ir*

2- Department of Petroleum Engineering, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran  
*E.Rahimilarki@gmail.com*

## Abstract

Nowadays due to high industrial demands of natural gas production from low permeability carbonate formation, investigation of production problems seems to be necessary.

This paper is going to evaluate various formation damage mechanisms which can be occurred while drilling, production, stimulation and work over operations and finally diagnosis and offer remediation works.

This paper also evaluates the usages of different stimulation fluid types with respect to the most frequently observed damage mechanisms and continues by evaluating a stimulation case study and the best available acidizing method for this case would be recommended at the end.

**Keywords:** Gas Reservoirs Stimulation, Water Block, Mutual Solvent, Acid Alcohol, Formation damage